

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU <sup>(11)</sup> **121 525** <sup>(13)</sup> U1ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[F02B 27/04 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 09.03.2016)  
Пошлина: учтена за 1 год с 01.03.2012 по 01.03.2013(21)(22) Заявка: [2012107933/06](#), 01.03.2012(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.03.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.03.2012

(45) Опубликовано: [27.10.2012](#) Бюл. № 30

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности,  
Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Жилкин Борис Прокопьевич (RU),  
Плотников Леонид Валерьевич (RU),  
Григорьев Никита Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина" (RU)

## (54) СИСТЕМА ВЫХЛОПА ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Относится к области систем выхлопа поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Система выхлопа содержит канал в головке цилиндра, выпускное окно, коллектор выпускной с конфузорным участком и трубу выхлопную. Конфузорный участок является частью системы выхлопа двигателя и выполняется в выпускном коллекторе от выпускного окна в головке цилиндра двигателя. Предлагаемая система выхлопа отличается от традиционных тем, что часть коллектора выпускного предпочтительно не менее 40% общей его протяженности выполнена в виде конфузора со степенью сужения по ходу потока не менее 1,5 с эквивалентным гидравлическим диаметром на входе в конфузор, равным эквивалентному гидравлическому диаметру выпускного окна в головке цилиндра, при этом продольная ось симметрии конфузора совпадает с осью коллектора выпускного.

Технический результат, достигаемый применением предлагаемой системы выхлопа поршневого двигателя, заключается в снижении аэродинамического шума и повышении надежности основных элементов выхлопной системы.

Снижение аэродинамического шума в системе выхлопа поршневого двигателя достигается за счет гашения пульсаций скорости и давления потока газа, вследствие поджатия газового потока в конфузорном участке.

Повышение надежности основных элементов системы выхлопа поршневого двигателя достигается за счет стабилизации течения пульсирующего потока (сглаживания пульсаций скорости и давления потока), вследствие чего уменьшаются термические напряжения на основных элементах выхлопной системы, как за счет

уменьшения интенсивности теплообмена, так и снижения количества термических циклов на основных элементах.

1 пункт формулы, 3 фиг.

Полезная модель относится к области систем выхлопа поршневых двигателей внутреннего сгорания.

От совершенства процессов, протекающих в выхлопной системе поршневых двигателей внутреннего сгорания, во многом зависит эффективность и надежность их работы. Такт выпуска в поршневых ДВС является пульсирующим, нестационарным процессом, характеризуемым высоким уровнем шума и существенными циклическими термическими напряжениями в выхлопной системе, что приводит к снижению ее надежности и срока службы. Снизить шум процесса выпуска, повысить надежность и увеличить моторесурс элементов системы выхлопа двигателя можно за счет специальных мер, которые стабилизируют течение газов в выхлопной системе.

В общем случае, система выхлопа поршневого двигателя внутреннего сгорания состоит из головки цилиндра с каналом и выпускным окном, коллектора выпускного круглого поперечного сечения и трубы выхлопной.

Известна выхлопная система автомобильного двигателя КАМАЗ 740.11-240, показанная в кн.: Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту двигателей КАМАЗ. Набережные Челны, ОАО «КАМАЗ», 2002. - 247 с. (см. раздел «система газотурбинного наддува» на стр.25-28, и рис. Схема системы газотурбинного наддува на стр. 26). Выхлопная система состоит из головки цилиндра с каналом и выпускным окном, выпускного коллектора круглого поперечного сечения и выпускных патрубков. На такте выпуска отработавшие газы в систему выхлопа поступают из цилиндра двигателя в канал в головке цилиндра, откуда через выпускное окно проходят в выпускной коллектор круглого поперечного сечения, далее подаются в выхлопные трубы и сбрасываются в атмосферу или попадают в турбину турбокомпрессора. Данная система выхлопа имеет следующий недостаток, обусловленный газодинамикой течений потока газа в трубах круглого поперечного сечения: в таких течениях возникают существенные пульсации скорости и давления потока газа, что вызывает аэродинамический шум (кн. Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1971. - 271 с., см. раздел «Слагаемые шума выпуска» на стр. 171-174), а также приводит к интенсификации локального теплообмена в следствие нестационарности и большого количества термических циклов (кн. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях: учебное пособие для ВУЗов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. - 592 с., см. раздел «Эволюция учения о теплообмене в ДВС» на стр.106-119), вследствие чего возникает повышенная термическая напряженность в основных элементах системы выхлопа: коллектор выпускной, головка цилиндра и клапан выпускной, которая приводит к термической усталости данных деталей, и соответственно, снижает их надежность и срок службы (кн. Дульнев Р.А., Котов П.И. Термическая усталость металлов. - М.: Машиностроение, 1980. - 200 с., см. раздел «Термонапряженное состояние элементов конструкций при нестационарном тепловом и силовом воздействии» на стр. 7-14).

Прототипом предлагаемой системы выхлопа является система автомобильного дизельного двигателя ЯМЗ-238ПМ, описанная в кн. Савельев Г.М., Лямцев Б.Ф., Слабов Е.П. Повышение эксплуатационной надежности автомобильных дизелей ЯМЗ с наддувом. - Москва, 1988. - 96 с. (см. рис. 3.16 на стр. 70). Система выхлопа содержит головку цилиндра с каналом и выпускным окном, коллектор выпускной с круглым поперечным сечением и трубы выхлопные. Отработавшие газы в систему выхлопа поступают из цилиндра двигателя в канал в головке цилиндра, откуда через выпускное окно проходят в выпускной коллектор круглого поперечного сечения, далее подаются в выхлопные трубы и попадают в турбокомпрессор. Данная система выхлопа имеет тот же недостаток, что и система, описанная выше, а именно поток газа в выхлопной системе поршневого двигателя имеет очень высокую степень неустойчивости, в нем возникают существенные пульсации, как скорости, так и давления потока газа. Поэтому необходимо стабилизировать пульсирующий газовый поток в системе выхлопа двигателя, что позволит снизить аэродинамический шум, а также уменьшить термические напряжения на деталях выхлопной системы и тем самым повысить их надежность.

Технический результат, достигаемый применением предлагаемой системы выхлопа поршневого двигателя, заключается в снижении аэродинамического шума и повышении надежности основных элементов выхлопной системы. Это достигается тем, что часть коллектора выпускного предпочтительно не менее 40 % общей его протяженности выполнена в виде конфузора со степенью сужения по ходу потока не

менее 1,5 с эквивалентным гидравлическим диаметром на входе в конфузор, равным эквивалентному гидравлическому диаметру выпускного окна в головке цилиндра, при этом продольная ось симметрии конфузора совпадает с осью коллектора выпускного.

Выполнение системы выхлопа с выпускным коллектором, часть которого выполнена в виде конфузора со степенью сужения по ходу потока не менее 1,5 и с длиной конфузорного участка не менее 40 % от общей длины коллектора позволяет изменить режим и структуру пульсирующего газового потока и стабилизировать поток за счет поджатия потока в конфузоре, что препятствует возникновению вихреобразования и срыву потока (кн. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Теоретическая физика (Том 6. Гидродинамика). - М.: Наука, 1986. - 736 с, см. раздел «Точные решения уравнений движения вязкой жидкости» (Течения в диффузоре и конфузоре) на стр.111-121), а это способствует снижению аэродинамического шума и повышению надежности основных элементов системы выхлопа за счет уменьшения интенсивности теплообмена и уменьшения термических циклов.

На фиг. 1 изображена схема предлагаемой системы выхлопа поршневого двигателя, содержащая канал в головке цилиндра 1, выпускное окно 2, конфузорный участок коллектора выпускного 3, участок перехода от конфузора к цилиндру 4, цилиндрический участок коллектора выпускного 5, трубу выхлопную 6. На фиг. 2 изображены графики зависимости скорости -  $w$  и давления -  $p$  потока воздуха в системе выхлопа поршневого двигателя с коллектором выпускным с круглым поперечным сечением от угла поворота коленчатого вала двигателя -  $\phi$ . Кривые на графике: 1 - скорость потока воздуха  $w$ ; 2 - статическое давление потока  $p$ . На фиг. 3 изображены графики зависимости скорости -  $w$  и давления -  $p$  потока воздуха в системе выхлопа поршневого двигателя с коллектором выпускным с конфузорным участком от угла поворота коленчатого вала двигателя -  $\phi$ . Кривые на графике: 1 - скорость потока воздуха  $w$ ; 2 - статическое давление потока  $p$ . Из рисунков видно, что пульсации скорости и давления в системе выхлопа с коллектором выпускным с конфузорным участком существенно ниже, чем в системе выхлопа без него, это должно привести к снижению аэродинамического шума и уменьшению термических напряжений на основных элементах выхлопной системы, и как следствие повысить их надежность. При этом следует отметить, что массовый расход газа через системы выхлопа при обеих конфигурациях практически не изменяется, что говорит о том, что очистка цилиндров от отработавших газов останется неизменной.

Предлагаемая система выхлопа содержит канал в головке цилиндра 1, выпускное окно 2, конфузорный участок коллектора выпускного 3, участок перехода от конфузора к цилиндру 4, цилиндрический участок коллектора выпускного 5, трубу выхлопную 6. Конфузорный участок является частью системы выхлопа двигателя и выполняется в выпускном коллекторе от выпускного окна в головке цилиндра двигателя.

Устройство работает следующим образом. Отработавшие газы в систему выхлопа поступают из цилиндра двигателя в канал в головке цилиндра, откуда через выпускное окно проходят в выпускной коллектор. Часть выпускного коллектора имеет конфузорный участок 3 (см. фиг.1) со степенью сужения по ходу потока не менее 1,5 и с длиной участка предпочтительно не менее 40% от общей длины коллектора выпускного. Выполнение части выпускного коллектора в виде конфузора позволяет изменить режим и структуру пульсирующего газового потока и стабилизировать его (значительно уменьшить пульсации скорости и давления потока) за счет поджатия потока в конфузоре, что способствует снижению аэродинамического шума (кн. Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1971. - 271 с., см. раздел «Способы снижения шума выпуска» на стр.176-179) и уменьшению термических напряжений на основных элементах впускной системы за счет снижения интенсивности теплообмена и уменьшения количества термических циклов на рассматриваемых элементах (кн. Дульнев Р.А., Котов П.И. Термическая усталость металлов. - М.: Машиностроение, 1980. - 200 с., см. раздел «Термонапряженное состояние элементов конструкций при нестационарном тепловом и силовом воздействии» на стр.7-14). Степень сужения конфузора в выпускном коллекторе должна быть не менее 1,5, что необходимо для предотвращения вихреобразования и срыва потока, а это будет способствовать эффективному гашению пульсаций скорости и давления потока газа. Длина конфузорного участка должна составлять не менее 40% от общей длины коллектора выпускного, что необходимо для сохранения прежней степени очистки цилиндров от отработавших газов. При этом ось конфузорного участка совпадает с осью коллектора выпускного. В противном случае будет нарушена газодинамика течения потока в конфузоре, что может вызвать образование обратных токов и турбулентных вихревых структур в канале, и соответственно приведет к снижению эффективности гашения

пульсаций скорости и давления потока, и как следствие к увеличению аэродинамического шума и термических напряжений на основных элементах системы выхлопа. Наконец стабилизированный поток через выхлопную трубу попадает в турбокомпрессор или сбрасывается в атмосферу.

Возможность осуществления предлагаемой полезной модели и достижения положительных эффектов в виде снижения аэродинамического шума и повышения надежности основных элементов системы выхлопа основывается на следующем.

Снижение аэродинамического шума в системе выхлопа поршневого двигателя достигается за счет гашения пульсаций скорости и давления потока газа, вследствие поджата газового потока в конфузормом участке.

Повышение надежности основных элементов системы выхлопа поршневого двигателя достигается за счет стабилизации течения пульсирующего потока (сглаживания пульсаций скорости и давления потока), вследствие чего уменьшаются термические напряжения на основных элементах выхлопной системы как за счет снижения интенсивности теплообмена, так и уменьшения количества термических циклов на основных элементах.

Достижение стабилизации пульсирующего потока газа в предлагаемой системе выхлопа проверено экспериментально на установке, представляющей собой натурную модель одноцилиндрового поршневого двигателя внутреннего сгорания размерности 8,2/7,1, приводимую во вращение асинхронным электрическим двигателем, частота вращения которого регулируется преобразователем частоты с точностью  $\pm 0,1\%$ . Механизм газораспределения экспериментальной установки заимствован от двигателя автомобиля ВАЗ 1113. Мгновенные значения средней по сечению скорости потока газа измерялись при помощи термоанемометра постоянной температуры. Для измерения мгновенных значений давления в потоке (статического) в коллекторе выпускном использовался датчик давления S-10 фирмы WIKA. Результаты экспериментов представлены на фиг.2 и фиг.3 в виде графиков, демонстрирующих изменение по углу поворота коленчатого вала скорости и давления потока в системе выхлопа поршневого двигателя с конфузормым участком в выпускном коллекторе и без него. Кривые на фиг. 2 и фиг. 3: 1 - скорость потока воздуха  $w$ ; 2 - статическое давление потока  $p$  для системы выхлопа поршневого двигателя с коллектором выпускным с круглым поперечным сечением и с коллектором выпускным с конфузормым участком, соответственно. Из графиков видно, что пульсации скорости и давления в системе выхлопа с коллектором выпускным с конфузормым участком существенно ниже, чем в системе выхлопа без него, а это должно привести к снижению аэродинамического шума и повышению надежности основных элементов выхлопной системы за счет снижения термических напряжений на них.

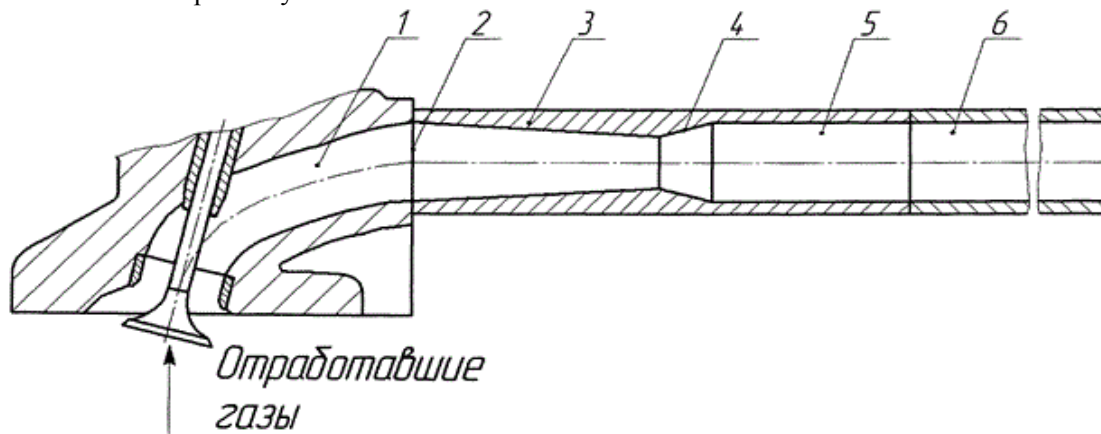
Таким образом, приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о стабилизации потока газа (значительном уменьшении интенсивности пульсации скорости и давления потока) в системе выхлопа поршневого двигателя за счет поджата потока газа в конфузормом участке, что способствует снижению аэродинамического шума и повышению надежности основных элементов выхлопной системы за счет снижения термических напряжений на них вследствие уменьшения интенсивности теплообмена и снижения количества термических циклов на основных элементах системы выхлопа.

Изложенное доказывает возможность достижения указанного технического результата при использовании предлагаемой системы выхлопа поршневого двигателя.

#### Формула полезной модели

Система выхлопа поршневого двигателя внутреннего сгорания, содержащая головку цилиндра с каналом и выпускным окном, коллектор выпускной и трубу выхлопную, отличающаяся тем, что часть коллектора выпускного предпочтительно не менее 40% общей его протяженности выполнена в виде конфузора со степенью сужения по ходу потока не менее 1,5 с эквивалентным гидравлическим диаметром на входе в конфузор, равным эквивалентному гидравлическому диаметру выпускного окна в головке цилиндра, при этом продольная ось симметрии конфузора совпадает с

осью коллектора выпускного.



### ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

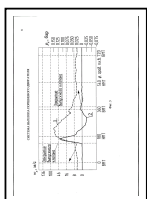
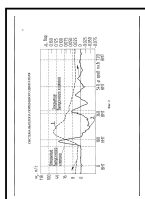
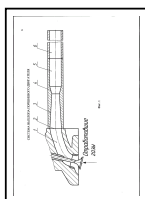
Реферат:



Описание:



Рисунки:



### ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **02.03.2013**

Дата публикации: [27.12.2013](#)